

最終処分場におけるビオトープ施設を用いた 三要素複合ライナーの構成要素であるベントナイト混合土の評価

(財)地域地盤環境研究所 (正)本郷隆夫 (正)藤原照幸 (株)ホージュン (正)水野克己 鬼形正伸

1. はじめに 最終処分場の建設計画は反対運動激化によって各地でストップしており、深刻な最終処分場の不足に陥っている。これは遮水シート(以下 GM と呼ぶ)損傷による地下水汚染の不安から、住民に対して遮水構造の理解が得にくいことが原因だと考えている。このため幅広い年齢層の住民に対して、遮水構造直下を通過した地下水を用いたビオトープ施設(Biotope)を建設し、その生態系が生息する様子を視覚や、水質測定またはバイオアッセイ法などの数値で、説明責任である情報公開が必要と考えている¹⁾。しかし、得られる情報により住民に不安感を与えないためには、生物の生死を犠牲にしないビオトープ施設を建設し維持することが重要である。三要素複合ライナー(以下 TCCL と呼ぶ)とは、GM と 0.5mm 高密度ポリエチレン支持型ジオシンセチック・クレイライナー(以下 GM/GCL と呼ぶ)と粘土ライナー(以下 CCL と呼ぶ)を組み合わせた遮水構造である²⁾。これは GM/GCL を組み合わせることで冗長性(Redundancy)を確保している。このため GM が損傷したと仮定した場合でも、浸出水が TTCL を浸透する時間(以下トラベルタイムと呼ぶ)が極めて長くなり、大幅に漏水量の低減と自然減衰作用が期待出来る。したがって浸出水が TCCL を湿潤する過程で、CCL 内の浸透・収着性(ろ過・吸着)を効果的に発揮させ、生態系に影響を与えない水質を期待できるようにすることが開発目的である³⁾。本件ではこの遮水構造の構成要素の一つである CCL の代用材としてベントナイト混合土を用いて、管理型産業廃棄物最終処分場から採取された浸出水で難透水性と浸透・収着性(ろ過・吸着)の評価検討を行ったのでここに報告する。

表 - 1 ベントナイトのコンシステンシー限界およびその他の一次性質

| No. | 試料名 (鉱床・採取地) | 液性限界 (%) | 塑性限界 (%) | 粘土分 5 μm 以下 (%) | 陽イオン交換容量 (eq/kg) | pH | 電気伝導率 | 液性限界時の間隙比 (mS/m) |
|-----|------------------|-------------|-------------|--------------------|---------------------|------|-------|---------------------|
| 1 | ワイオミング産Na型ベントナイト | 616 | 48 | 88.0 | 0.723 | 9.83 | 47.0 | 15.1 |

1. ベントナイト混合土の試験と結果 試験に用いたワイオミング産Na型ベントナイト(スーパークレイ)のコンシステンシー限界とその他の一次性質を表 - 1 に示す。Kenney らは土粒子間の空隙を連続したベントナイトゲルで満たされることが、難透水性を達成するために必要であり、ベントナイト配合量の最適値は、ベントナイト量・透水係数曲線での屈曲点を閾値(Threshold)とし、これを越えた配合としている⁴⁾。閾値を越えた配合のベントナイト混合土は、地震などのせん断ひずみ履歴によるひびわれに対して、難透水性(自己修復機能)を示すことが報告されている⁵⁾。このため本試験ではベントナイト配合量は、閾値を越えた 13% 配合を採用した。試験に用いた静岡産のまさ土は、長

表 - 2 まさ土とベントナイト混合土(13%配合)の物性値

| 項目 | まさ土 | ベントナイト混合土 | |
|--|-------------------------|-----------|------|
| 礫分 (%) | 8.9 | 3.7 | |
| 砂分 (%) | 66.3 | 63.4 | |
| シルト分 (%) | 16.7 | 14.5 | |
| 粘土分 (%) | 8.1 | 18.4 | |
| 最大粒径 (mm) | 19.0 | 9.5 | |
| 土粒子の密度(s) (g/cm ³) | 2.66 | 2.64 | |
| 最大乾燥密度 d _{max} (g/cm ³) | 1.762 | 1.640 | |
| 最適含水比 w _{opt} (%) | 16.5 | 16.3 | |
| 三軸 UU | Cu (kN/m ²) | 22.0 | 39.0 |
| | u (度) | 26.8 | 21.4 |

三軸 UU は、まさ土とベントナイト混合土(13%配合)の d_{max} に対して締固め度 D_{c90} の供試体を最適含水比で締固め法により作成。

Compacted clay liner, Wastelandfill, Bentonite, Triple Component Composite Liner, Biotope

〒660-0822 尼崎市杭瀬南新町 1-1-20 (財)地域地盤環境研究所 藤原照幸 06-6488-8256 teruyuki@geor.or.jp

石と石英を主成分としカオリンと雲母を含み分類は {SF} (砂質土) に属する。このまさ土とまさ土に乾燥重量比でベントナイト 13% 配合時の物性値を表 - 2 に示す。このベントナイト混合土を用いて管理型産業廃棄物最終処分場から採取された浸出水 (以下浸出水と呼ぶ) で三軸装置による透水試験を行い, 100 日後に浸透した浸出水性状を表 - 3 に示す。透水試験では $40 \mu\text{m}$ 以下に濾過した浸出水を用いた。表 - 3 より浸透した浸出水の濁度と塩素イオン濃度と電気伝導率が減少したことが判る。0.7eq/kg 以上の大きな陽イオン交換容量で表される高い電荷密度と $800 \text{ m}^2/\text{g}$ というモンモリロナイトの大表面積により, 無機・有機汚染物質の微粒子が, 捕捉され浸透・収着 (ろ過・吸着) するという, 減衰層としての機能が発揮されると考えられる。疑似浸出水を想定した人工海水と浸出水で 100 日後に浸透した後のベントナイト混合土のコンシステンシー限界を表 - 4 に示す。人工海水は JIS K 2510 に準じて作成した。また, 試験に用いた浸出液を乾燥した試料の XRD 分析を図 - 1 に示す。XRD のピークは NaCl の強いピーク強度を示し, その主成分は NaCl で, その他に少量の $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ が存在した。表 - 4 より電解質を含む浸出水が浸透し, ベントナイト混合土の液性限界や塑性限界は減少したが難透水性 ($k = 1 \times 10^{-7} \text{ cm/s}$) は維持したことが判る。これは薄片状のベントナイト粒子が平行配列して難透水性の膜を形成していると考えられている⁶⁾。

3. まとめ 管理型産業廃棄物最終処分場から採取された浸出水を用いたベントナイト混合土 (13% 配合) の難透水性 ($k = 1 \times 10^{-7} \text{ cm/s}$) と一過性であるが浸透・収着性 (ろ過・吸着) が確認された。このベントナイト混合土の難透水性と浸透・収着性 (ろ過・吸着) を効果的に発揮させるためにも, 遮水シートと高密度ポリエチレン支持型ジオシンセチック・クレイライナーと粘土ライナーを組み合わせた三要素複合ライナーを採用し, ファーストシートである遮水シートが破損しても極めて長いトラベルタイムを得る事と, 大幅に漏水量を減少させる事が重要であると考えられる。また仮に浸出水が浸潤したとしても, ベントナイト混合土が減衰層 (Attenuation layer) として期待出来ると推察される。

4. 参考文献 1) 西垣 誠 (2000) : 土壌・地下水汚染と対策, 土と基礎, 地盤工学会, Vol.47No.10, No.501, pp.1 ~ 3 2) D.E.Daniel (2000) : Enhanced Triple Component Composite Liner System Being Considered for The 121 Project Report (Municipal Solid Waste Landfill) DRAFT Work in Progress. 3) 水野克己・本郷隆夫・藤原照幸 (2001) : ピオトープ施設を用いた三要素複合ライナーの評価と設計事例, 第 22 回全国都市清掃研究発表会講演論文集全国都市清掃会議, pp.390 ~ 392 4) T.C.Kenney, W.A.Veen, M.A.Swallow, M.A.Sungaila (1992) : Hydraulic conductivity of compacted bentonite-sand mixtures, CAN, GEOTECH.J.VOL.29, pp.364 ~ 374 5) 水野克己・中嶋 洋・本郷隆夫 (1999) : ベントナイト混合土を使用した複合しゃ水工構造のしゃ水性評価検討, 第 34 回地盤工学研究発表会講演集, 地盤工学会, pp.2231 ~ 2232 6) 水野克己・近藤三二 (2001) : ベントナイトの特性と環境汚染分野への応用土と基礎地盤工学会, Vol.49, No.2, pp.29 ~ 32

表 - 3 浸透前後の最終処分場浸出水の性状変化

| 項目 | 浸透前 | 浸透後 | 試験方法出典 |
|--------------|--------|--------|---------------|
| 濁度 (度) | 18.6 | 1.7 | JISK0101 9.4 |
| 塩素イオン (mg/l) | 4500.0 | 2200.0 | JISK0102 35.1 |
| 電気伝導率 (mS/m) | 730.0 | 7.6 | JISK0102 13 |
| pH | 8.4 | 8.1 | JISK0102 12 |

ベントナイト混合土供試体の厚さは3cm, 直径10cm,

表 - 4 浸出水浸透後と人工海水浸透後のベントナイト混合土のコンシステンシー限界

| | 液性限界 (%) | 塑性限界 (%) | 塑性指数 (%) |
|---------|----------|----------|----------|
| 浸透前 | 131.0 | 18.5 | 112.5 |
| 浸出水浸透後 | 54.8 | 15.0 | 39.7 |
| 人工海水浸透後 | 44.2 | 16.5 | 27.7 |

ベントナイト混合土は最大乾燥密度に対して締固め度 90% の条件下,

浸出水透水係数は, $k=6.0 \times 10^{-8} \text{ cm/s}$, 飽和度は 100%。

人工海水透水係数は, $k=8.2 \times 10^{-8} \text{ cm/s}$, 飽和度は 100%。

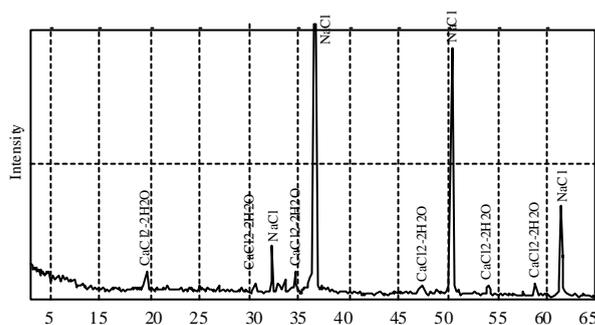


図 - 1 浸出水の X 線粉末解析分析 (XRD 分析)

電圧:30kV, 電流:15mA, フルスケール:1000cps, スキャンスピード:2 °/min